

# SUPERCONDUCTING MICROWAVE DEVICE STRUCTURE ALLOWING CHARACTERISTIC MODULATION

Publication number: JP8046253

Publication date: 1996-02-16

Inventor: IIYAMA MICHITOMO; ARUPU TEI FUINDEIKOGUU

Applicant: SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES; UNIV MARYLAND

Classification:


- international: *H01L39/00; H01L39/22; H01P1/18; H01P1/203; H01P3/08; H01P9/00; H01L39/00; H01L39/22; H01P1/18; H01P1/20; H01P3/08; H01P9/00; (IPC1-7): H01L39/00; H01L39/22; H01P1/18; H01P3/08; H01P5/18; H01P9/00*

- European: H01P1/203

Application number: JP19940110488 19940426

Priority number(s): US19940202570 19940228

Also published as:

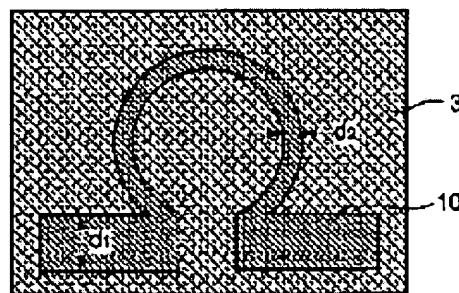
 US5604375 (A1)

[Report a data error here](#)

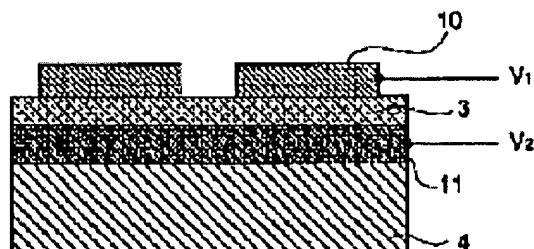
## Abstract of JP8046253

PURPOSE: To change surface reactance and surface resistance by changing the conductivity of a superconductive ground plane and a superconductive inductor pattern or the dielectric characteristics of a dielectric layer with a DC bias voltage applied between them. CONSTITUTION: A structure has a superconductive ground plane 11 according to Y1 Ba2 Cu3 O7-x oxide superconductor and a dielectric layer 3 according to SrTiO3 being laminated successively on an LaAlO3 dielectric substrate 4, and Q-type Y1 Ba2 Cu3 O7-x oxide superconductive thin-film superconductive inductor pattern 10 is arranged on then. Then, the superconductive ground plane 11 is as thick as 500 nm and the dielectric layer 3 is as thick as 800 nm. However, when dielectric characteristics need to be changed more greatly, a ferroelectric material such as Sr-Ba-Ti-O is used for the dielectric layer 3. Therefore, by applying a bias voltage, a superconductive concentrated constant type microwave element whose characteristics can be changed can be achieved.

(a)



(b)



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-46253

(43) 公開日 平成8年(1996)2月16日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 39/00	Z A A	A		
39/22	Z A A	Z		
H 0 1 P 1/18	Z A A			
3/08				
5/18	Z A A	Z		

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-110488

(22) 出願日 平成6年(1994)4月26日

(31) 優先権主張番号 08/202,570

(32) 優先日 1994年2月28日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成5年10月26日～10月29日、国産超電導産業技術研究センター主催の「第6回超電導国際シンポジウム」において文書をもって発表

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(71) 出願人 594086141

ユニヴァーシティ オブ メリーランド

アメリカ合衆国 20742 メリーランド

カレッジパーク ノックス ロード 4312

(72) 発明者 飯山 道朝

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電

気工業株式会社大阪製作所内

(74) 代理人 弁理士 越場 隆

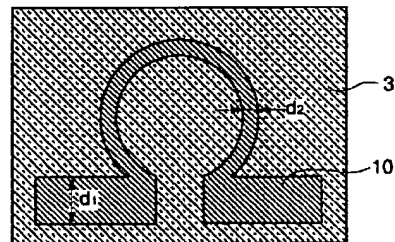
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 特性変調可能な超電導マイクロ波素子構造

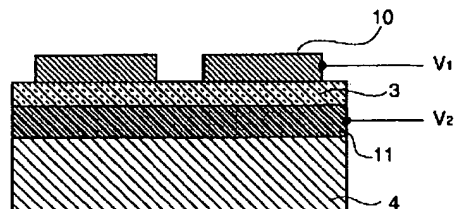
(57) 【要約】

【構成】 誘電体基板4と、基板4上に順に積層された酸化物超電導体による超電導グランドプレーン11および誘電体層3と、誘電体層3上に配置された酸化物超電導薄膜の超電導インダクタパターン10が配置されている。超電導グランドプレーン11と超電導インダクタパターン10との間にバイアス電圧を印加して、超電導グランドプレーン11および超電導インダクタパターン10の導電性および誘電体層3の誘電特性を変化させ、これにより表面リアクタンスおよび表面抵抗を変更可能に構成されている。

(a)



(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 誘電体基板と、誘電体基板上に配置された酸化物超電導体による第1の超電導部材と、第1の超電導部材上に配置された誘電体層と、誘電体層上に配置された第2の導体部材とを備え、前記第1の超電導部材の導電性および／または前記誘電体層の誘電特性が、前記第1の超電導部材および第2の導体部材の間に印加された直流バイアス電圧により変化し、これにより表面リアクタンスおよび／または表面抵抗を変更可能に構成されていることを特徴とする集中定数型超電導マイクロ波素子構造。

【請求項2】 前記第2の導体部材が、超電導部材であり、前記第1の超電導部材と等しい酸化物超電導体で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の集中定数型超電導マイクロ波素子構造。

【請求項3】 前記第2の導体部材が、超電導部材であり、前記第1の超電導部材と異なる酸化物超電導体で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の集中定数型超電導マイクロ波素子構造。

【請求項4】 誘電体基板と、誘電体基板上に配置された酸化物超電導体による超電導グランドプレーンと、超電導グランドプレーン上に配置された誘電体層と、誘電体層上に配置された酸化物超電導体による超電導インダクタパターンとを備え、前記超電導グランドプレーンの導電性および／または前記超電導インダクタパターンの導電性および／または前記誘電体層の誘電特性が、前記超電導グランドプレーンおよび超電導インダクタパターンの間に印加された直流バイアス電圧により変化し、これにより表面リアクタンスおよび／または表面抵抗を変更可能に構成されていることを特徴とする超電導インダクタ。

【請求項5】 誘電体基板と、誘電体基板上に互いに離れて配置された酸化物超電導体による第1および第2の超電導電極と、第1および第2の超電導電極上およびこれらの間に形成された誘電体層と、誘電体層上に配置されたバイアス電極とを備え、前記第1および第2の超電導電極の導電性および／または前記誘電体層の誘電特性が、前記第1および第2の超電導電極およびバイアス電極間に印加された直流バイアス電圧により変化し、これにより表面リアクタンスおよび／または表面抵抗を変更可能に構成されていることを特徴とする超電導キャパシタ。

【請求項6】 前記バイアス電極が、酸化物超電導体で構成された超電導電極であり、前記直流バイアス電圧により、前記第1および第2の超電導電極の導電性および／またはバイアス電極の導電性および／または前記誘電体層の誘電特性が変化し、これにより表面リアクタンスおよび／または表面抵抗を変更可能に構成されていることを特徴とする請求項5に記載の超電導キャパシタ。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、特性変調可能な超電導マイクロ波素子構造に関する。より詳細には、動作中に特性変調可能な超電導マイクロ波素子構造に関する。

## 【0002】

【従来の技術】数十cmから数mmまでの波長を有し、マイクロ波あるいはミリ波等と呼ばれる電磁波は、理論的には電磁波スペクトルの一部の範囲に過ぎないが、波長が短いことから光に似た挙動を示し、これを取り扱うための独特の手法や部品が開発されていることから、工学的には特に独立して検討される場合が多い。

【0003】この帯域の電磁波を伝送するためには、低周波の電磁波の伝送に使用される平行線等では伝送損失が極端に大きい。また、特に線間距離と波長とが同程度の長さになると、線路の僅かな屈曲や接続部の僅かな寸法の不一致により反射や放射が発生し、隣接物の影響を受け易くなる。そこで、実際には、波長と同程度の断面寸法を有する管状の導波管を使用する。このような導波管およびそれによって構成された回路は、その立体的な形状から立体回路などと呼ばれているが、通常の電気／電子回路の要素に比較すると寸法が大きく、実際の利用は特殊な分野に限られていた。

【0004】ところが、マイクロ波帯で動作する能動素子として半導体を使用した小型のものが開発され、また、集積回路技術の進歩に伴い、導波路間隔の極めて小さいいわゆるマイクロストリップ線路が使用されるようになってきている。

【0005】一般に、マイクロストリップ線路は、導体の抵抗成分に起因する減衰定数を有する。この減衰定数は、周波数の平方根に比例して増大する。一方、周波数の増大に比例して誘電体損も増加する。しかしながら、近年のマイクロストリップ線路では、誘電体材料の改良により、特に10GHz以下の領域では、マイクロストリップ線路の損失は、専ら導体層の抵抗に起因するものが大部分を占めている。従って、マイクロストリップ線路における導体層の抵抗を低減できれば、マイクロストリップ線路の性能を著しく向上させることが可能になる。即ち、超電導マイクロストリップ線路を使用すると、損失を大幅に低減でき、また、より高い周波数のマイクロ波の伝送が可能になる。

【0006】よく知られているように、マイクロストリップ線路は、単純な伝送路として使用される。さらに、適切なターニングを行うことによって、インダクタンス素子、容量素子、フィルタ、共振器、遅延線、トランジスタ等のマイクロ波部品を構成することができる。従って、マイクロストリップ線路の特性を向上させると、マイクロ波部品の特性も向上する。

【0007】また、近年研究が進んでいる酸化物超電導材料（高臨界温度銅酸化物超電導体）により、低コストな液体窒素冷却による超電導が実現している。従って、

酸化物超電導体を使用した各種のマイクロ波部品が提案されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】集中定数型素子は、分布定数型素子と比較してその大きさにおいて有利である。集中定数型素子は小さいので、他の分布定数型素子または集中定数型素子と組み合わせてハイブリッド回路を容易に形成することができる。

【0009】酸化物超電導体を集中定数型素子に使用することにより、従来の金属および半導体の集中定数型素子よりも損失や誘電体損を大幅に低減することができる。しかしながら、回路に組み込んだ後に集中定数型素子の素子の特性を変更することは、従来ほとんど不可能であった。

【0010】そこで、本発明の目的は、上記従来技術の問題点を解決した、特性変調可能な集中定数型超電導マイクロ波素子構造を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明に従うと、誘電体基板と、誘電体基板上に配置された酸化物超電導体による第1の超電導部材と、第1の超電導部材上に配置された誘電体層と、誘電体層上に配置された第2の導体部材とを備え、第1の超電導部材の導電性および／または誘電体層の誘電特性が、第1の超電導部材および第2の導体部材の間に印加された直流バイアス電圧により変化し、これにより表面リアクタンスおよび／または表面抵抗を変更可能に構成されていることを特徴とする集中定数型超電導マイクロ波素子構造が提供される。

【0012】本発明の集中定数型超電導マイクロ波素子構造では、第2の導体部材が、超電導部材であり、第1の超電導部材と等しい酸化物超電導体で構成されていても、また、第1の超電導部材とは異なる酸化物超電導体で構成されていてもよい。

【0013】また、本発明においては、上記集中定数型超電導マイクロ波素子構造のより具体的な構成として、誘電体基板と、誘電体基板上に配置された酸化物超電導体による超電導グランドプレーンと、超電導グランドプレーン上に配置された誘電体層と、誘電体層上に配置された酸化物超電導体による超電導インダクタパターンとを備え、前記超電導グランドプレーンの導電性および／または前記超電導インダクタパターンの導電性および／または前記誘電体層の誘電特性が、前記超電導グランドプレーンおよび超電導インダクタパターンの間に印加された直流バイアス電圧により変化し、これにより表面リアクタンスおよび／または表面抵抗を変更可能に構成されていることを特徴とする超電導インダクタが提供される。

【0014】さらに本発明では、上記集中定数型超電導マイクロ波素子構造の他の具体的な構成として、誘電体基板と、誘電体基板上に互いに離れて配置された酸化物

超電導体による第1および第2の超電導電極と、第1および第2の超電導電極上およびこれらの間に形成された誘電体層と、誘電体層上に配置されたバイアス電極とを備え、前記第1および第2の超電導電極の導電性および／または前記誘電体層の誘電特性が、前記第1および第2の超電導電極およびバイアス電極間に印加された直流バイアス電圧により変化し、これにより表面リアクタンスおよび／または表面抵抗を変更可能に構成されていることを特徴とする超電導キャパシタが提供される。

【0015】

【作用】本発明の集中定数型超電導マイクロ波素子構造は、誘電体基板上に配置された酸化物超電導体による第1の超電導部材と、この第1の超電導部材上に配置された誘電体層と、誘電体層上に配置された第2の導体部材を備える。また、バイアス電圧により超電導部材の導電性および／または誘電体層の誘電特性が変化し、これにより表面リアクタンスおよび／または表面抵抗を変更可能に構成されているところにその主要な特徴がある。従って、本発明の集中定数型超電導マイクロ波素子構造を使用した超電導マイクロ波素子は、素子の特性を変化させたり、マイクロ波を変調させることが可能である。

【0016】本発明の集中定数型超電導マイクロ波素子構造では、上記の第2の導体部材酸化物超電導体を使用した超電導部材としてもよく、この場合、第1の超電導部材と等しい酸化物超電導体を使用することも、第1の超電導部材とは異なる酸化物超電導体を使用することもできる。特に、第1の超電導部材と異なる酸化物超電導体を第2の導体部材に使用する場合には、キャリアタイプが異なるものを使用することにより、より大きい変調効果が得られることがある。

【0017】本発明の集中定数型超電導マイクロ波素子構造では、基板は以下に示すような材料で構成されていることが好ましい： $\text{MgO}$ 、 $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{NdGaO}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{LaAlO}_3$ 、 $\text{LaGaO}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{GaAs}$ 、サファイア、フッ化物。また、酸化物超電導体としては以下に示すものが好ましい： $\text{Y-Ba-Cu-O}$ 系酸化物超電導体、 $\text{Bi-Sr-Ca-Cu-O}$ 系酸化物超電導体、 $\text{Tl-Ba-Ca-Cu-O}$ 系酸化物超電導体、 $\text{Hg-Ba-Sr-Ca-Cu-O}$ 系酸化物超電導体、 $\text{Nd-Ce-Cu-O}$ 系酸化物超電導体。

【0018】以下、本発明を実施例によりさらに詳しく説明するが、以下の開示は本発明の単なる実施例に過ぎず、本発明の技術的範囲をなんら制限するものではない。

【0019】

【実施例】図1(a)および(b)に、本発明の超電導集中定数型素子の一例である超電導インダクタの平面図および断面図をそれぞれ示す。図示された超電導インダクタは、 $\text{LaAlO}_3$ 誘電体基板4と、基板4上に順に積層された $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 酸化物超電導体による超電導グランドプレーン11および $\text{SrTiO}_3$ による誘電体層3とを有す

る。誘電体層3上には、 $\Omega$ 型の $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ 酸化物超電導薄膜の超電導インダクタパターン10が配置されている。

【0020】超電導グランドプレーン11の厚さは500nmであり、誘電体層3の厚さは800nmである。誘電特性のより大きな変化が必要な場合には、 $Sr-Ba-Ti-O$ 等の強誘電性材料を誘電体層3に使用することが好ましい。 $Sr_xBa_{1-x}TiO_3$ の誘電特性は、電場に、より大きく影響されるからである。

【0021】超電導インダクタパターン10の厚さは200nmであり、直線部分の幅 $d_1$ は0.1mm、環状部分の幅 $d_2$ は0.01mmである。また、環状部分の直径は0.4mmで、0.02mmの間隙で開いている。

【0022】上記本発明の超電導インダクタでは、超電導グランドプレーン11または超電導インダクタパターン10のいずれか一方に、電子キャリア型のNd-Ce-Cu-O酸化物超電導体のような逆極性のキャリアを有する酸化物超電導体( $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ はホールキャリア型の超電導体である)を使用することもできる。この場合、応答は、超電導インダクタパターン10の導電性、誘電体層3の誘電特性および超電導グランドプレーン11の導電性それぞれの変化に同等に影響される。

【0023】また、超電導グランドプレーン11および超電導インダクタパターン10には、直流バイアス電圧 $V_1$ および $V_2$ を印加するAu線のような導線と、適当なマイクロ波フィルタ素子が接続されている。超電導グランドプレーン11および超電導インダクタパターン10に直流バイアス電圧 $V_1$ および $V_2$ を印加すると、超電導グランドプレーン11および超電導インダクタパターン10の $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ 酸化物超電導体の導電性、誘電体層3の $SrTiO_3$ の誘電特性が変化し、超電導インダクタ全体のインピーダンスが変化する。

【0024】上記超電導インダクタを、以下のように作製した。15mm角で厚さ0.5mmの $LaAlO_3$ 基板上に、厚さ500nmのc軸配向の $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ 酸化物超電導薄膜で超電導グランドプレーン11を形成した。 $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ 酸化物超電導薄膜は、共蒸着法で成膜した。共蒸着法とは、MBE法を改良した成膜方法であり、基板近傍に反応ガスを導入して、蒸発源からの分子線と反応ガスとを基板表面近傍で反応させて基板上に薄膜を成長させる方法である。成膜条件を以下に示す。

蒸発源 : Y、Ba、Cu (いずれも金属)

反応ガス :  $O_2$ を70mol%含む $O_2$

圧力 :  $1 \times 10^{-5}$  Torr

基板温度 : 700 °C

膜厚 : 500 nm

【0025】次に、やはり共蒸着法で $SrTiO_3$ 層を上記酸化物超電導薄膜上に成膜した。成膜条件を以下に示す。

蒸発源 : Sr、Ti (いずれも金属)

反応ガス :  $O_2$ を70mol%含む $O_2$

圧力 :  $1 \times 10^{-5}$  Torr

基板温度 : 400 °C

膜厚 : 800 nm

【0026】続いて、上記の $SrTiO_3$ 層上に厚さ200nmのc軸配向の $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ 酸化物超電導薄膜を成膜し(成膜条件は前述のものと同じ)、反応性イオンエッチングで加工して、本発明の超電導インダクタが完成した。

【0027】このように作製した超電導インダクタの伝送出力の周波数特性は、ネットワークアナライザを使用して測定することができる。上述のように、本発明の超電導インダクタは、直流バイアス電圧により、誘電率と抵抗の両方が変化するよう構成されている。従って、本発明の超電導インダクタは、キャパシタとともにマイクロ波通信装置の局部発振器等に有効に適用できる。

【0028】図2(a)および(b)に、本発明の超電導集中定数型素子の第2の実施例である超電導キャパシタの平面図および断面図をそれぞれ示す。この超電導キャパシタは、 $LaAlO_3$ 誘電体基板4と、基板4上に互いに離れて形成されたL字型の $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ 酸化物超電導薄膜の第1および第2の超電導電極12および13と、超電導電極12および13上に積層された $SrTiO_3$ による誘電体層3と、誘電体層3上に積層されたバイアス電極2とを備える。

【0029】第1および第2の超電導電極12および13は、厚さが300nm、幅0.01mm、 $0.1 \times 0.1$  mmの互に対称的な形状にパターニングされた $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ 酸化物超電導薄膜で構成されており、0.01mmの間隙を持って配置されている。また、誘電体層3は、厚さ400 nmで $0.1 \times 0.2$ mmの大きさである。バイアス電極2は、誘電体層3上3で誘電体層3により、超電導電極12および13から絶縁されており、厚さが100nmである。バイアス電極2は、必ずしも超電導電極である必要はなく、Au、AgPtのような貴金属を使用することもできる。

【0030】しかしながら、バイアス電極2に、電子キャリア型のNd-Ce-Cu-O酸化物超電導体のような逆極性のキャリアを有する酸化物超電導体( $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ はホールキャリア型の超電導体である)を使用することもできる。この場合、応答は、超電導電極12および13の導電性、誘電体層3の誘電特性および超電導バイアス電極2の導電性それぞれの変化に同等に影響される。

【0031】また、超電導電極12および13、およびバイアス電極2には、直流バイアス電圧 $V_1$ 、 $V_2$ および $V_3$ を印加するAu線のような導線と、適当なマイクロ波フィルタ素子が接続されている。

【0032】上記本発明の超電導キャパシタを、以下のように作製した。15mm角で厚さ0.5mmの $LaAlO_3$ 基板上に、厚さ300nmのc軸配向の $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ 酸化物超電導薄膜を成膜した。 $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ 酸化物超電導薄膜

は、共蒸着法で成膜した。成膜条件を以下に示す。

蒸発源 : Y, Ba, Cu (いずれも金属)

反応ガス :  $O_2$  を 70mol% 含む  $O_2$

圧力 :  $1 \times 10^{-5}$  Torr

基板温度 : 700 °C

膜厚 : 300 nm

【0033】このc軸配向の $Y_{1-x}Ba_xCu_3O_{7-x}$ 酸化物超電導薄膜を図2(a)に示すよう互いに対称的に配置されたL字型の形状に反応性イオンエッチングでパターンニングし、超電導電極12および13を形成した。

【0034】次に、やはり共蒸着法で $SrTiO_3$ 層を上記超電導電極12および13上に成膜して誘電体層3を形成した。成膜条件を以下に示す。

蒸発源 : Sr, Ti (いずれも金属)

反応ガス :  $O_2$  を 70mol% 含む  $O_2$

圧力 :  $1 \times 10^{-5}$  Torr

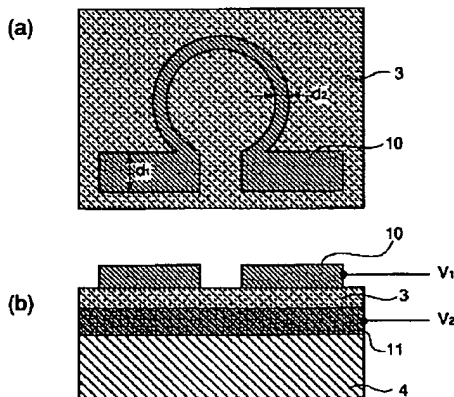
基板温度 : 400 °C

膜厚 : 400 nm (最大)

【0035】続いて、誘電体層3上にAuのバイアス電極2を真空蒸着法で形成し、本発明の超電導キャパシタが完成した。このように作製した超電導キャパシタの伝送出力の周波数特性は、ネットワークアナライザを使用して測定することができる。

【0036】上記本発明の超電導キャパシタを超電導インダクタ(受動素子)と直列に接続し、直列LC共振器を作製した。クライオスタット中で20Kに冷却し、超電導電極12および13と、バイアス電極2との間のバイアス電圧を変化させながら、共振周波数を測定した。約14GHzにおける共振周波数の測定結果は以下の通りである。\*

【図1】



\* バイアス電圧 : 35V

共振周波数の変化 : 200MHz

【0037】本発明の超電導キャパシタの共振周波数は、バイアス電圧により大きく変化した。上記のように、本発明の超電導キャパシタは、直流バイアス電圧により、共振周波数が変化するよう構成されている。従って、本発明の超電導キャパシタは、マイクロ波通信装置の局部発振器等に有効に適用できる。

【0038】

10 【発明の効果】以上説明したように、本発明に従えば、バイアス電圧を印加することにより、その特性を変化させることができる超電導集中定数型マイクロ波素子が提供される。本発明を各種マイクロ波装置に応用することにより、従来得られなかった高性能な装置が作製可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は、本発明の超電導マイクロ波素子の一例の、超電導インダクタの平面図であり、(b)は断面図である。

20 【図2】(a)は、本発明の超電導マイクロ波素子の一例の、超電導キャパシタの平面図であり、(b)は断面図である。

【符号の説明】

2 バイアス電極

3 誘電体層

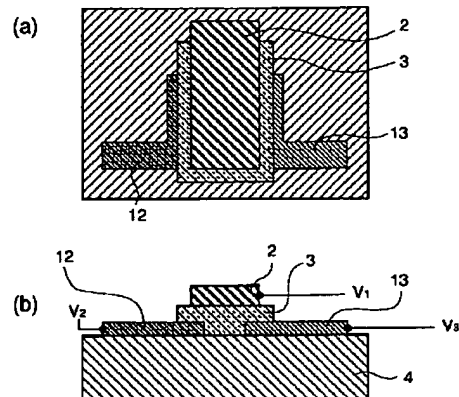
4 基板

10 超電導インダクタパターン

11 超電導グランドプレーン

12, 13 超電導電極

【図2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 P 9/00	Z A A Z			

(72)発明者 アルブ ティー. フィンディコグー  
アメリカ合衆国 20742 メリーランド  
カレッジパーク(番地なし) ユニヴァー  
シティ オブ メリーランド, デパートメ  
ント オブ フィジックス, センター フ  
ォー スーパーコンダクティビティ リサ  
ーチ